

## ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

### Задача 11 – 1. (Автор С. А. Серяков).

1. Поскольку соль **A** – индивидуальная, то мольные количества потраченных на ее титрование реагентов должны соотноситься как небольшие целые числа (в соответствии с законом кратных отношений), а количество (моль) реагентов позволит судить о молярных массах веществ в случае ТГ-эксперимента (или величинах, пропорциональных им).

Определим количество (моль) реагентов, потраченных на титрование соли **A**:

$$n(\text{трилон-Б}) = 8,9\text{мл} \cdot 0,0340\text{М} = 0,3026 \text{ ммоль}; n(\text{NaOH}) = 12,4\text{мл} \cdot 0,0492 \text{ М} = 0,6108 \text{ ммоль}.$$

Определим наибольший общий делитель (НОД):

$$n(\text{трилон-Б}) : n(\text{NaOH}) = 0,3026 \cdot 10^{-3} \text{ моль} : 0,6108 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \approx 1 : 2, \text{ следовательно НОД} = 0,3026 \cdot 10^{-3} \text{ моль} - \text{число моль металла в соли (в 10 мл раствора)}. \text{ Используем это для дальнейших расчетов, учитывая, что количество (моль) металла в соли равно } 0,3026 \cdot 10^{-3} \cdot 100\text{мл}/10\text{мл} = 3,026 \text{ ммоль}.$$

Молярные массы продуктов распада исходного вещества в расчете на 1 моль металла:

$\Delta T, ^\circ\text{C}$	130 – 240	370 – 460	остаток <b>B</b>
$M_r, \text{ г/моль}$	16,06	80,34	234,1

( $M_r$  – потеря веса образца при термораспаде в расчете на количество моль металла)

Вещество **A** – соль, содержит 3 элемента. Первая потеря массы навески при термораспаде может соответствовать потере кислорода, т.к.  $16,06 \approx 32/2$ . С другой стороны, бинарное вещество, легко разлагающееся в воде с выделением простого газообразного вещества **E** (единственный обнаруженный продукт реакции), может быть **D** =  $\text{H}_2\text{O}_2$ , при распаде которого образуется только вода и кислород (**E**). Значит, исходная соль при гидролизе выделяет перекись водорода и поэтому должна содержать в структуре пероксидный фрагмент.

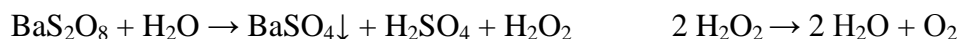
Сильные двухосновные кислоты образуют элементы VI группы. Кроме того, вторая потеря массы при термораспаде может соответствовать  $80,34 \approx 80,0 = M_r(\text{SO}_3)$  – наводит на мысль, что исходная соль – персульфат, который при гидролизе разлагается до сульфата. Тогда **B** – малорастворимый в воде сульфат  $M(\text{SO}_4)_{n/2}$ :

n	1	2	3	4
$M_r$	186,1(нет)	138,1(Ba)	90,1(Y)	42,1(нет)

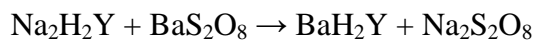
Сульфат иттрия не способен кристаллизоваться из водного раствора безводным за счёт склонности иона иттрия к комплексообразованию, кроме того, он достаточно хорошо растворим в воде. **B** =  $\text{BaSO}_4$  – сульфат бария, **A** =  $\text{BaS}_2\text{O}_8$  – персульфат бария в соответствии со стехиометрией распада, **C** =  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## 2. Уравнения происходящих процессов:

## 1) Гидролиз соли А

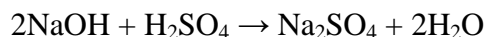


## 2) Комплексонометрическое титрование



Аналогично протекает реакция, если часть растворимой соли в результате протекания гидролиза частично разложится ( $\text{BaSO}_4 + \text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaH}_2\text{Y}$ )

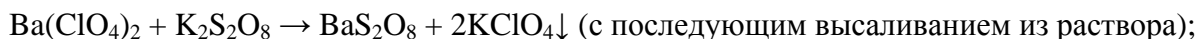
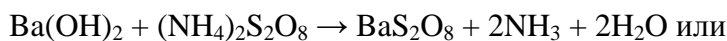
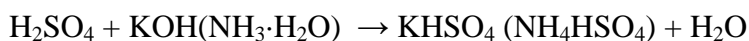
## 3) Кислотно-основное титрование



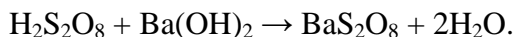
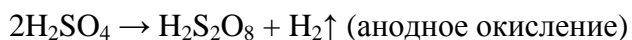
## 4) Термораспад



## 3. Получение А можно осуществить так:



Менее привлекателен (из-за побочных процессов) более очевидный путь синтеза:

**Система оценивания.**

1. Определение веществ А – Е: А – 2 балла, В, С – по 1 баллу, D, E – по 0.5 балла, итого 5 баллов. В случае, если выбор А – С не обоснован, оценивать соответствующие соединения, исходя из половины указанных баллов.
2. Уравнения реакций: 6 реакций по 0,5 балла = 3 балла.
3. За предложение рационального пути синтеза: 1 балл, правильные уравнения реакции – 1 балл, итого 2 балла.

Итого

10 баллов

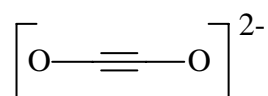
**Задача 11 – 2. (Автор А. В. Мажуга).**

Ключом к решению задачи может стать описание встречного синтеза чрезвычайно ядовитой жидкости **F**: «можно получить пропуская газ **B1** над мелкоизмельченным никелем при н.у.». Описанному превращению может соответствовать синтез  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  (горючая ядовитая жидкость) из  $\text{CO}$  (газ **B1**) и металлического  $\text{Ni}$ . В таком случае брутто-формулы солей **D** и **E** можно представить в виде:  $\text{Ni}_Y\text{C}_{4Y+X}\text{O}_{4Y+X}$  и  $\text{Ni}_Y\text{C}_{4Y+2X}\text{O}_{4Y+2X}$ , соответственно (при разложении **E** выделяется  $\text{CO}$  в два раза больше, чем при разложении **D**). В тексте задачи сказано, что соли **A4** и **A5** (из которых впоследствии были синтезированы **D** и **E**) «отличаются» друг от друга на одну группу  $\text{CO}$ , следовательно можно составить уравнение:

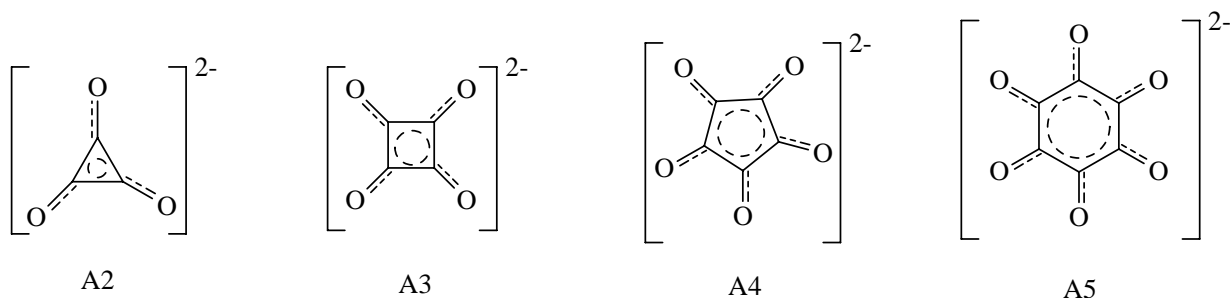
$$4Y + 2X - 4Y + X = 1, \quad \text{следовательно } X = 1$$

В таком случае состав солей **D** и **E** можно представить как  $\text{Ni}_Y\text{C}_{4Y+1}\text{O}_{4Y+1}$  и  $\text{Ni}_Y\text{C}_{4Y+2}\text{O}_{4Y+2}$ , соответственно. Варьируя  $Y$ , можно убедиться, что единственным правдоподобным является значение  $Y=1$ , тогда **D**:  $\text{NiC}_5\text{O}_5$ , а **E**:  $\text{NiC}_6\text{O}_6$ . В таком случае, исходя из способа получения **D** и **E**, можно установить состав солей **A4**:  $\text{K}_2\text{C}_5\text{O}_5$  и **A5**:  $\text{K}_2\text{C}_6\text{O}_6$ , после этого не представляет сложности найти состав и всех остальных соединений, образующих гомологический ряд: **A1**:  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_2$ , **A2**:  $\text{K}_2\text{C}_3\text{O}_3$ , **A3**:  $\text{K}_2\text{C}_4\text{O}_4$ .

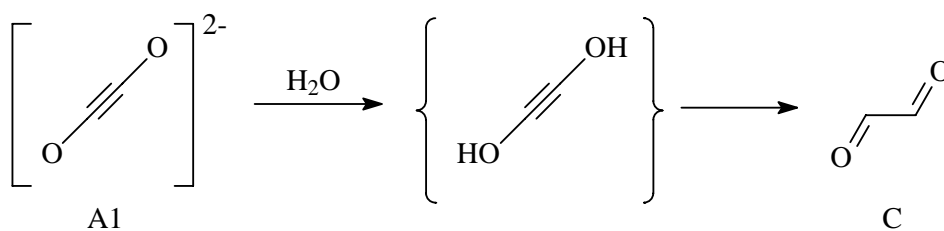
Далее попробуем «изобразить» пространственную формулу соли **A1**. Единственной приемлемой с химической точки зрения для аниона состава  $\text{C}_2\text{O}_2^{2-}$  является следующая линейная структура:



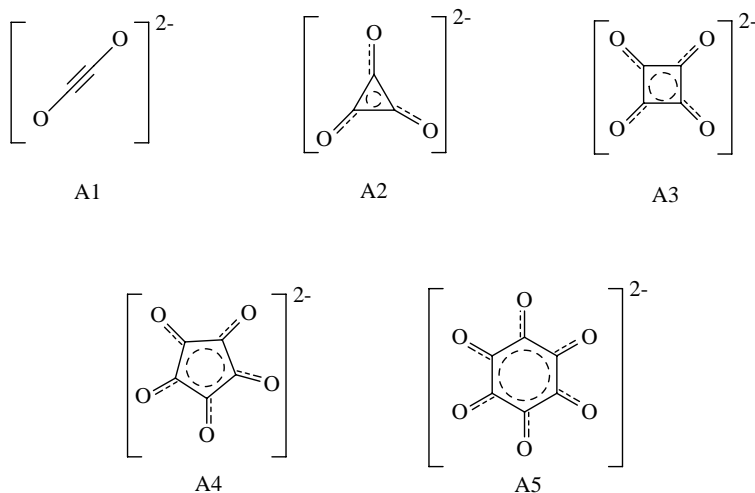
Далее нам предстоит несколько более сложный шаг: определить пространственные структуры анионов солей **A2-A5**. В задаче говорится, что анионы этих солей проявляют ароматические свойства, что является веским аргументом в пользу циклического строения (т. к. все ароматические соединения за редчайшим исключением являются циклическими). Предположение о циклическом строении подтверждается также указанием на высокую симметрию описываемых анионов. На основании сказанного можно «изобразить» следующие структуры анионов:



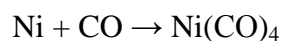
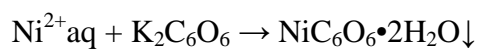
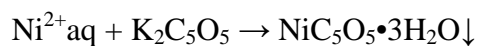
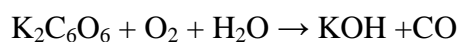
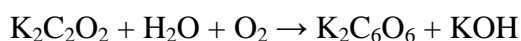
Осталось определить органическое вещество **C**. Вспомним, что **C** было получено контролируемым гидролизом **A1** в инертной атмосфере и помимо того имеет тривиальное название. Самым простым и одновременно логичным является образование в подобных условиях глиоксаля (т. е. в данном случае реакция протекает  $\text{CHOCHO}$ ):

**ОТВЕТЫ:**

1. **A1:**  $K_2C_2O_2$ , **A2:**  $K_2C_3O_3$ , **A3:**  $K_2C_4O_4$  **A4:**  $K_2C_5O_5$  и **A5:**  $K_2C_6O_6$ .



2. **B1** - CO, **C** - CH(O)CH(O), **D** -  $NiC_5O_5$ , **E** -  $NiC_6O_6$ , **F** -  $Ni(CO)_4$



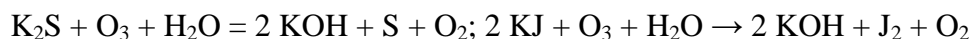
3. **B1** – угарный газ, **C** – глиоксаль, соли **A2** соответствует дельтовая кислота, соли **A3** – квадратная кислота, **A4** – кроконовая кислота и **A5** – родизоновая кислота

**Система оценивания.**

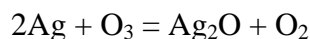
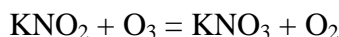
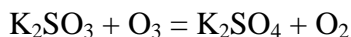
1. Состав соединений <b>A1-A5</b> (по 0,3 бх5=1,5 б)	1,5 балла
Структура анионов <b>A1-A5</b> (по 0,5 бх5=2,5 б)	2,5 балла
2. Вещества <b>B1, C, F</b> (по 0,6 бх3=1,8)	1,8 балла
Вещества <b>D, E</b> (по 0,2 бх2=0,4 б)	0,4 балла
Схемы реакций (0,2 бх10=2 балла)	10 балла
Реакция образования глиоксаля	0,4 балла
3. Тривиальные названия <b>B1</b> и <b>C</b> (по 0,5 бх2=1б)	1 балл
Тривиальные названия кислот (для солей <b>A2-A5</b> ) (0,1бх4=0,4б)	0,4 балла
Итого	<b>10 баллов</b>

**Задача 11 – 3. (Автор С. С. Чуранов).**

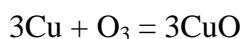
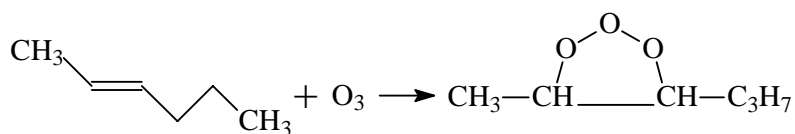
Газ X не является галогеноводородом, сероводородом или кислотным оксидом ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ), так как эти вещества не реагируют с KI. По всей вероятности газ X обладает сильными окислительными свойствами. Но это не могут быть  $\text{O}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ , так как они либо не реагируют со всеми названными веществами, либо объем газообразных продуктов отличается от объема исходного вещества. Единственным газообразным веществом, удовлетворяющим реакциям газа X, является аллотропное видоизменение кислорода – озон  $\text{O}_3$ .



(в присутствии щелочи сера и иод могут подвергаться дальнейшим превращениям)

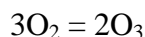


(в настоящее время установлено, что в этих условиях возможно образование  $\text{AgO} - \text{Ag}_2\text{O}_2$ ).



(даже если реакция на первом этапе дает  $\text{CuO}$  и  $\text{O}_2$ , медь при нагревании реагирует с  $\text{O}_2$ ).

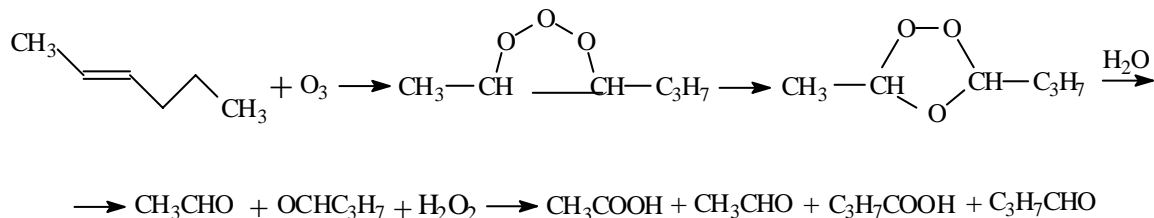
Озон чистом виде очень неустойчив. Его получают пропусканием через кислород тихого электрического разряда при высокой разнице потенциалов.



В реальных условиях при этом получаются смеси  $\text{O}_3$  и  $\text{O}_2$  с разным содержанием озона. Поэтому можно предположить, что газ X представляет собой озонированный кислород. Поскольку озон, в отличие от кислорода, реагирует с алкенами, его доля может быть оценена по данным изменения объема газовой смеси при пропускании ее через раствор алкена с ал-

кане: объем газа уменьшается на 8 %, откуда следует, что содержание озона в смеси составляет 8 % (мольных или объемных). Плотность такой смеси по водороду составляет  $(48 \times 0,08 + 32 \times 0,92) / 22,4 = 1,49$  (г/ л).

Гидролиз озонида гексена-2 (справедливо как для *цис*-, так и для *транс*-изомера) протекает по схеме:



(Образующаяся при гидролизе перекись водорода может окислить любой из образующихся альдегидов. Поэтому в смеси может содержаться до пяти веществ – два альдегида, две кислоты и  $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

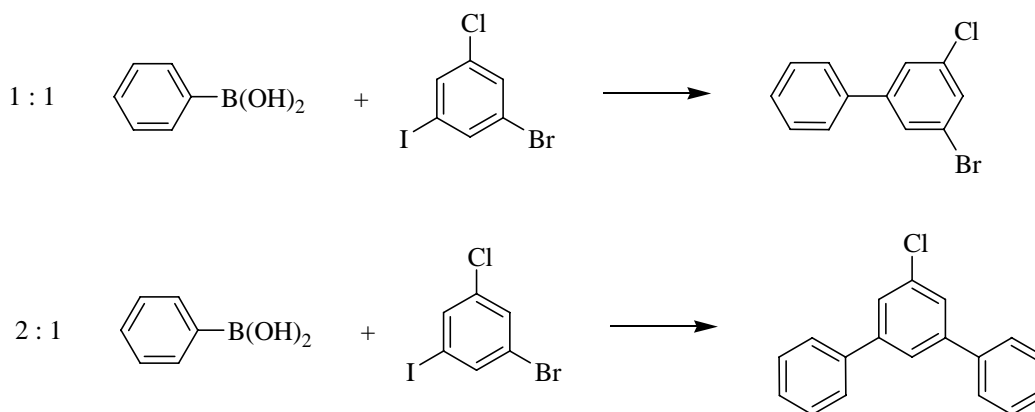
При использовании этой реакции для установления строения алкенов (и других соединений с двойными  $\text{C}=\text{C}$  связями и даже ароматических соединений), чтобы исключить влияние  $\text{H}_2\text{O}_2$ , гидролиз проводят в присутствии восстановителей –  $\text{Zn}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и др.).

**Система оценивания.**

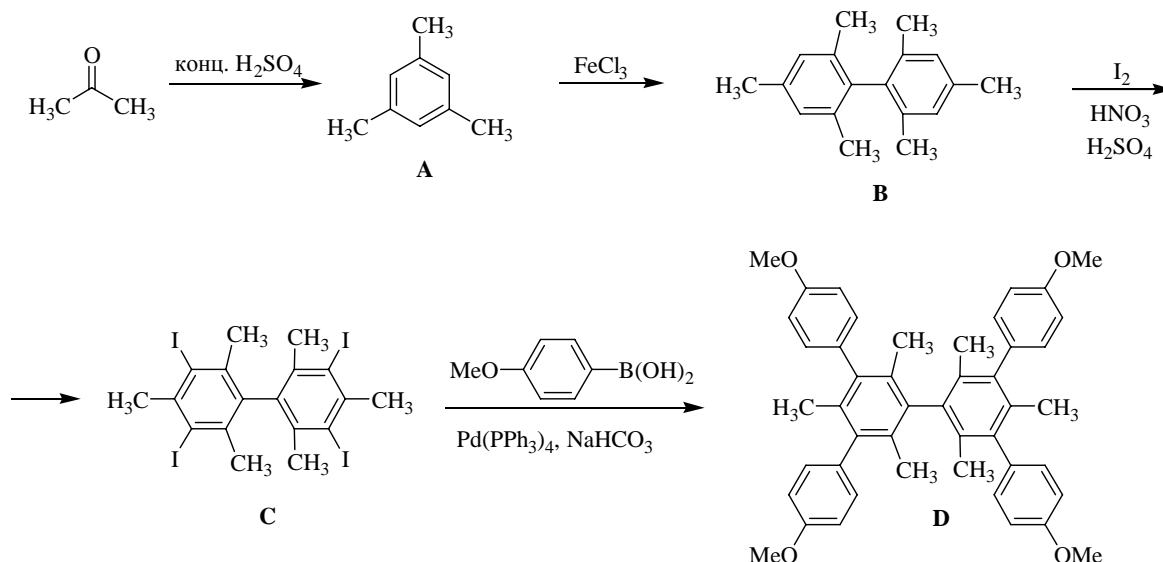
Содержание озона в составе газа X	1 балл
Состав газа (качественный и количественный) X	0,5 балла
<b>Расчет</b> плотности X	1,5 балла
Получение X	1 балл
Реакции	
X с неорганическими соединениями (солями K, Ag, Cu) (0,5 бхб)	3 балла
получения озонида	0,5 балла
разложения озонида с образованием $\text{H}_2\text{O}_2$	0,5 балла
Образование 4 органических продуктов из транс-гексена-2 (0,5 бх 4=2 б)	2 балла
Итого	<b>10 баллов</b>

**Задача 11 – 4 (Автор И. В. Трушков).**

1. Поскольку энергия связи Ar-Y уменьшается в ряду  $\text{Cl} > \text{Br} > \text{I}$ , первым замещается атом иода, а затем атом брома, поэтому когда реагенты взяты в соотношении 1:1 и 2:1, соответственно, образуются следующие продукты:



2. Из условия задачи легко можно понять, что последняя стадия в приведенной цепочке превращений – реакция кросс-сочетания арилборной кислоты с арилгалогенидом **C** (реакция Сузуки). При этом арилгалогенид **C** возникает на предыдущей стадии при иодировании ароматического соединения **B**, а само ароматическое соединение **B** образуется в результате двухстадийного процесса, в основе которого лежит кислотнo-катализируемая тримеризация ацетона с образованием мезитилена **A**. Поскольку как ароматические протоны, так и метильные протоны метокси-группы 4-метоксифенилборной кислоты не изменяются в ходе реакции кросс-сочетания, можно сделать вывод, что три из приведенных в условии сигналов относятся к: а) атомам водорода метокси-группы (3H), б) атомам водорода в *орто*-положении к метокси-группе (2H) и в) атомам водорода в *мета*-положении к метокси-группе (2H). Соотношение этих сигналов равно 1,5 : 1 : 1. Это сигналы при  $\delta$  3,9, 7,0 и 7,1 м.д. Следовательно, сигналы еще двух типов атомов водорода в продукте **D** имеют относительную интенсивность 0,75 и 1,5 (сигналы при 1,75 и 1,7 м.д.), т.е. таких атомов водорода, соответственно, в два раза меньше, чем атомов водорода метокси-групп из 4-метоксифенилборной кислоты, и столько же, сколько этих атомов. Иначе говоря, в молекуле **C** на каждый атом иода, замещенный 4-метоксифенильной группой в реакции сочетания, приходится 3 атома водорода одного типа и 1,5 атома водорода другого типа. Следовательно, число атомов иода в **C** является четным (2, 4, ...). Отсюда можно сделать вывод, что вторая стадия в цепочке превращений представляет собой окислительную димеризацию мезитилена, в результате чего образуется продукт, содержащий 4 ароматических атома водорода, 12 атомов водорода *орто*-метильных групп и 6 атомов водорода *пара*-метильных групп. В результате исчерпывающего иодирования и кросс-сочетания четыре ароматических атома водорода замещаются сперва на четыре атома иода, а затем на четыре *пара*-метоксифенильные группы, что соответствует спектру ЯМР, приведенному в условии задачи. Таким образом, цепочка имеет вид:



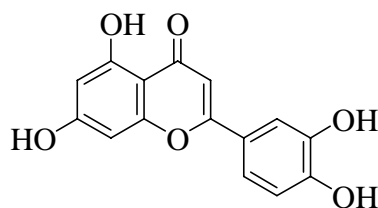
3. Общая формула сольвата:  $C_{46}H_{46}O_4 \cdot n C_2H_5OH$ . Доля кислорода в сольвате равна  $0,1227 = (n + 4) \times 16 / (46n + 662)$ . Отсюда получаем  $81,2274 + 5,6442n = 16n + 64$ ;  $10,3558n = 17,2274$ ;  $n = 1.66$ . Сольват имеет формулу  $3 C_{46}H_{46}O_4 \cdot 5 C_2H_5OH$ .

**Система оценивания.**

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1. Две формулы   | по 1 баллу. Всего 2 балла. |
| 2. Структура <b>A</b> – 1 балл. Структуры <b>B</b> , <b>C</b> , <b>D</b> – по 2 балла. Всего – 7 баллов. |                            |
| 3. Расчет формулы сольвата –   | 1 балл.                    |
| Итого  | 10 баллов                  |

**Задача 11 – 5 (Автор И. В. Трушков).**

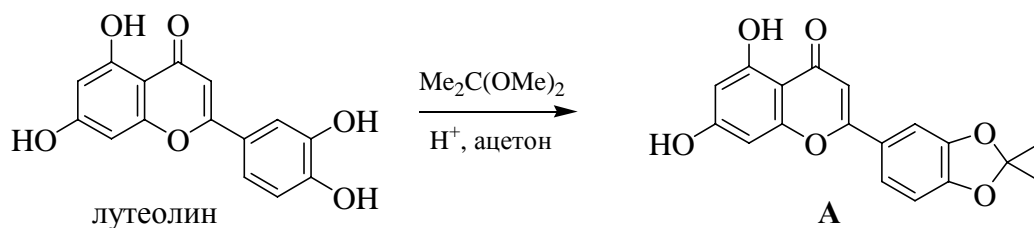
1. Из названия лутеолина видно, что это – хромон, содержащий в положениях 5 и 7 две гидроксильные группы, а в положении 2 – дигидроксифенильный заместитель:



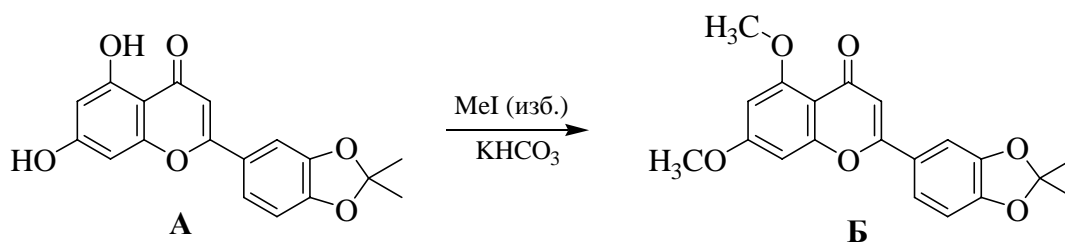
2. Кислоты катализируют как образование кеталей, так и их разложение. В присутствии кислоты устанавливается равновесие между 2,2-диметоксипропаном и продуктами его разложения: ацетоном и метанолом. Одновременно из ацетона образуется другой кеталь, в котором роль спиртовых групп играют две *орто*-расположенные гидроксигруппы фенильного кольца. Суммарный процесс представляет транскетализацию, т.е. перенос изопропилиденового фрагмента от 2,2-диметоксипропана к фрагменту пирокатехина (*орто*-дигидроксibenзола) в молекуле лутеолина. Два фактора сдвигают равновесие вправо: а) об-



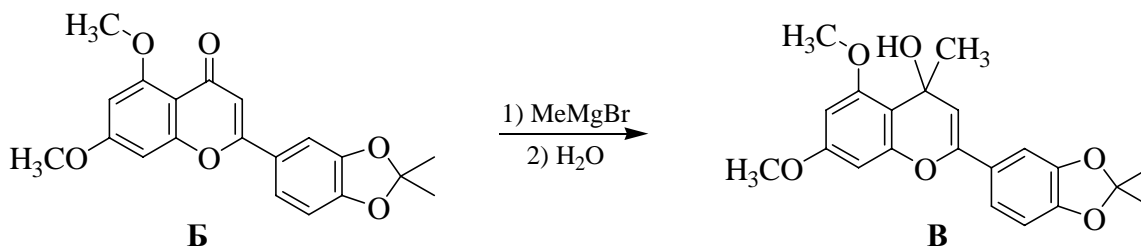
разование циклического кетала выгоднее вследствие энтропийного фактора; б) относительно низко кипящий метанол можно отогнать из реакционной смеси.



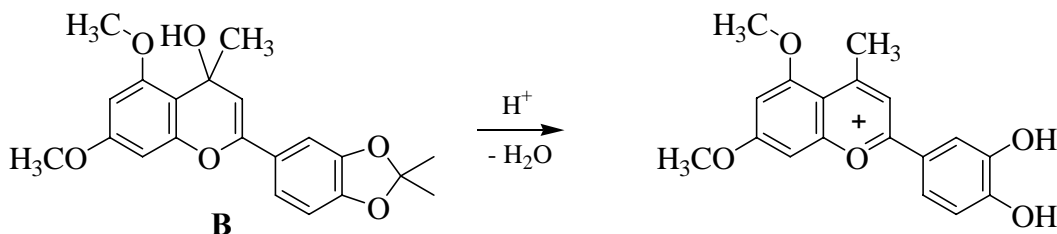
Взаимодействие продукта реакции с метилиодидом в присутствии бикарбоната калия приводит к его метилированию по фенольным атомам кислорода:



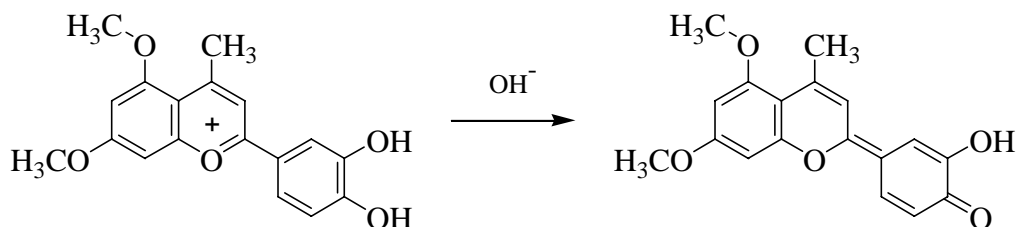
Полученное соединение взаимодействует с реактивом Гриньяра с образованием алколят-иона, гашение которого водой дает соответствующий третичный спирт **B**:



3. При подкислении вещества **B** проходят две реакции: 1) катализируемое кислотой расщепление кетала и 2) протонирование третичной группы  $\text{OH}$ , сопровождающееся отщеплением воды и образованием ароматического катиона (пирилиевой соли), окрашенного в красный цвет:

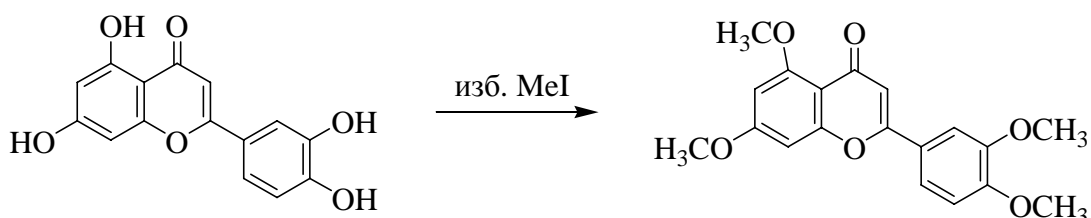


Добавление щелочи к раствору пирилиевой соли приводит к депротонированию  $\text{OH}$ -группы пирокатехина в *para*-положении к ароматическому заместителю с образованием структуры хиноидного типа, обеспечивающей синюю окраску раствора:

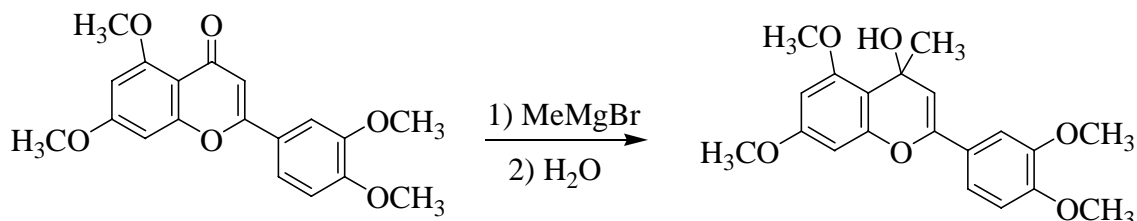


Другой возможный процесс – атака гидроксид-ионом по положению 4 бензпириле-вой соли – должен давать продукт, имеющий структуру, аналогичную структуре **B**, т.е. не может обеспечивать синюю окраску раствора (как следует из условия, **B** имеет желтую окраску).

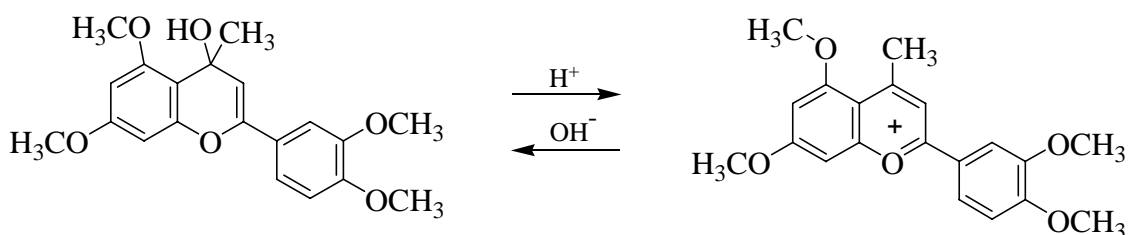
4. При обработке лутеолина избытком метилиодида происходит алкилирование по всем четырем фенольным группам:



Образующееся тетраметокси-производное реагирует с реактивом Гриньяра аналогично примеру, обсуждавшемуся выше:



Можно предположить, что образовавшийся продукт будет иметь желтую окраску, как и соединение **B**, поскольку их структуры очень похожи. При добавлении кислоты этот продукт также должен превращаться в пирилевую соль, в результате чего раствор приобретет красное окрашивание, однако подщелачивание этого раствора приведет лишь к обратной реакции присоединения  $\text{OH}^-$ -группы, поскольку фенольная функция в пирилеевой соли отсутствует. Т.е. раствор снова примет желтую окраску.



**Система оценивания.**

1. Формула лутеолина – 1 балл
  2. Три реакции по 1,5 балла – всего 4,5 балла
  3. Объяснение изменения окраски с формулой продукта при добавлении кислоты – 1 балл; при добавлении щелочи – 1 балл. Всего 2 балла.
  4. Две реакции по 1 баллу; изменения окраски – 0,5 балла. Всего – 2,5 балла.
- Итого 10 баллов

**Задача 11 – 6. (Автор В. В. Еремин).**

$$1. \quad I = -\log_2 p = \log_2 W$$

$$S = k \ln W = k \cdot \ln 2 \cdot I$$

$$S = 1 \text{ э.е.} = 4,18 \text{ Дж/К}$$

$$I = \frac{4,18}{1,38 \cdot 10^{-23} \ln 2} = 4,4 \cdot 10^{23} \text{ бит.}$$

$$5. \quad W = 10^{80}!$$

$$S = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 10^{80} \cdot (\ln(10^{80}) - 1) = 2,5 \cdot 10^{59} \text{ Дж/К} = 6 \cdot 10^{58} \text{ э.е.}$$

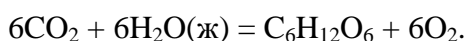
По определению, Вселенная в состоянии «тепловой смерти», то есть максимума энтропии будет содержать нулевую информацию.

$$6. \quad \text{Будем считать, что солнечную энергию поглощает половина поверхности Земли } (2\pi R^2).$$

$$Q = 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \times 2\pi (6,4 \cdot 10^6 \text{ м})^2 = 2,6 \cdot 10^{17} \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

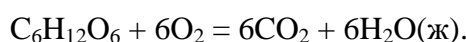
$$\Delta S = \frac{2,6 \cdot 10^{17}}{273 \cdot 4,18} = 2,3 \cdot 10^{14} \frac{\text{э.е.}}{\text{с}}$$

7. Уравнение реакции фотосинтеза:



$$\Delta S = 6 \cdot 205 + 212 - 6 \cdot 214 - 6 \cdot 70 = -262 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} = -62,6 \text{ э.е./моль}$$

В реакции полного окисления глюкозы изменение энтропии равно по величине и противоположно по знаку:



$$\Delta S = +62,6 \text{ э.е./моль}$$

$$8. \quad W = 10^{13}!$$

При выборе одной из  $10^{13}!$  комбинаций клеток количество информации увеличивается на  $I = \log_2 10^{13}! = 4 \cdot 10^{14}$  бит. Это достаточно ничтожное количество информации.

Ему соответствует уменьшение энтропии всего на :

$$\Delta S = 4 \cdot 10^{14} / (4,4 \cdot 10^{23}) = 10^{-9} \text{ э.е.}$$

Такое же количество энтропии образуется при сгорании

$$10^{-9} / 62,6 = 1,6 \cdot 10^{-11} \text{ моль глюкозы массой } 2,9 \text{ нг.}$$

9. Число пар нуклеотидов в организме взрослого человека равно:

$$N = (150/600) \cdot 6 \cdot 10^{23} = 1,5 \cdot 10^{23}. \text{ Число возможных комбинаций пар оснований: } W = 4^N.$$

Количество информации в ДНК:

$$I = \log_2 W = 2N = 3 \cdot 10^{23} \text{ бит.}$$

$$\Delta S = 3 \cdot 10^{23} / (4,4 \cdot 10^{23}) = 0,7 \text{ э.е.}$$

Такое же количество энтропии образуется при сгорании

$$0,7 / 62,6 = 0,011 \text{ моль глюкозы массой } 2 \text{ г.}$$

Проведем тот же расчет с учетом того, что все клетки организма содержат одинаковые ДНК. Число нуклеотидов на одну клетку:

$$N' = 1,5 \cdot 10^{23} / 10^{13} = 1,5 \cdot 10^{10}.$$

Количество информации в ДНК:

$$I = \log_2 4^{N'} = 2N' = 3 \cdot 10^{10} \text{ бит.}$$

$$\Delta S = 3 \cdot 10^{10} / (4,4 \cdot 10^{23}) = 7 \cdot 10^{-14} \text{ э.е.}$$

Такое же количество энтропии образуется при сгорании

$$7 \cdot 10^{-14} / 62,6 = 1,1 \cdot 10^{-15} \text{ моль глюкозы массой } 2 \cdot 10^{-13} \text{ г.}$$

Разумеется, это всего лишь часть биологической информации, содержащейся в человеческом организме.

### ОТВЕТЫ:

1.  $1 \text{ э.е.} = 4,4 \cdot 10^{23} \text{ бит}$

2.  $S = 6 \cdot 10^{58} \text{ э.е.}, I = 0.$

3.  $\Delta S = 2,3 \cdot 10^{14} \text{ э.е./с.}$

4.  $\Delta S_{\text{ф.с.}} = -62,6 \text{ э.е./моль}, \Delta S_{\text{окисл}} = +62,6 \text{ э.е./моль.}$

5.  $I = 4 \cdot 10^{14} \text{ бит. } \Delta S = 10^{-9} \text{ э.е.}$  Масса глюкозы 2,9 нг.

6.  $I = 3 \cdot 10^{23} \text{ бит. } \Delta S = 0,7 \text{ э.е.}$  Масса глюкозы 2 г.

или:  $I = 3 \cdot 10^{10} \text{ бит. } \Delta S = 7 \cdot 10^{-14} \text{ э.е.}$  Масса глюкозы  $2 \cdot 10^{-13} \text{ г.}$

### Система оценивания.

1, Расчет числа битов	2 балла
2, Информация Вселенной	1 балл
3, 1,5 балла за Q и 0,5 балла за $\Delta S$	2 балла
4, по 0,5 за каждое $\Delta S$	1 балл
5, 1 балл за информацию; по 0,5 балла за энтропию и глюкозу	2 балла
6, 1 балл за информацию; по 0,5 за энтропию и глюкозу	2 балла
Всего	10 баллов.